

Pork as a functional food

Kubiński T., Wojtasik A., Matczuk E., Pietraś E.,
National Food and Nutrition Institute, Warsaw

This article aims at the presentation of growing significance of the consumption of functional food for the public. Consumers increasing interest in maintaining and improving their health by eating many new functional foods is already well recognized. Meat and meat products can be modified by adding ingredients considered beneficial for health and by eliminating or reducing the amount of components that are considered as non-healthy or even harmful. In this paper, we presented the influence of dietary fat sources on pig meat quality, fatty acids composition and also on the sensory attributes of pork.

Keywords: quality of pig meat, pork, fatty acids profile, functional food.

Żywność funkcjonalna to kategoria środków spożywczych, które oprócz właściwości odżywczych posiadają działanie prozdrowotne potwierdzone

Wieprzowina jako żywność funkcjonalna

Tadeusz Kubiński, Anna Wojtasik, Ewa Matczuk, Edyta Pietraś

z Instytutu Żywności i Żywienia w Warszawie

badaniami klinicznymi. Szczególne zainteresowanie wzbudza żywność o zwiększonym poziomie niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (polyunsaturated fatty acid – PUFA), a zwłaszcza długołańcuchowych kwasów nienasyconych (long-chain LC-PUFA) z rodziny n-3 i n-6 z jednoczesnym zmniejszeniem ilości nasyconych kwasów tłuszczowych (saturated fatty acid – SFA) z uwagi na udział tych pierwszych w prewencji chorób układu sercowo-naczyniowego oraz innych narządów, są one też konieczne dla prawidłowego rozwoju płodu i niemowląt (1, 2, 3, 4). Niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3 to przede wszystkim kwas eikozapentaenowy (EPA) i kwas dokozaheksaenowy (DHA), a z rodziny n-6 kwas arachidonowy (arachidonic acid – AA). Dlatego też prowadzi się

badania nad możliwościami wzbogacania mięsa wieprzowego w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe i długołańcuchowe kwasy nienasycone poprzez wprowadzanie do podstawowej dawki pokarmowej świń składników bogatych w prekursorzy kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 – kwasu linolowego (linoleic acid – LA) i n-3 – kwasu α -linolenowego (α -linolenic acid – ALA; 5).

Generalnie mięso wieprzowe jest uważane za wartościowe ze względu na zawartość białek o wysokiej wartości biologicznej, witamin z grupy B, żelaza hemowego, mikroelementów, bioaktywnych peptydów i innych biologicznie aktywnych związków. Z drugiej strony w wieprzowinie obecne są związki o niekorzystnym wpływie na zdrowie człowieka, takie jak wysoka zawartość tłuszczu, w tym

nasycone kwasy tłuszczowe, cholesterolu i inne. Zawartość tych składników zależy od rasy, czynników genetycznych, wieku, a nawet typu badanego mięśnia, ale przede wszystkim od żywienia. Konsumentom domagają się, aby wzrastał odsetek produktów pochodzenia zwierzęcego, w tym zwłaszcza mięsa i jego przetworów spełniających wymogi żywności funkcjonalnej (6, 7, 8, 9).

Badania przeprowadzone w Polsce (6) dowiodły, że w ciągu ostatnich 20 lat wartość odżywcza i prozdrowotna mięsa wieprzowego uległa znacznej poprawie. Nie ustępuje ono pod względem wartości dietetycznej i kulinarnej innym rodzajom mięs. W porównaniu z mięsem drobiowym wieprzowina charakteryzuje się znacznie korzystniejszym stosunkiem niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 do rodziny n-3: dla mięsa drobiowego wynosi on 20:1, a dla wieprzowiny poniżej 10:1. Zawiera ona też mniej cholesterolu – 0,54 g/kg, wobec 0,58–0,74 g/kg w mięsie drobiowym.

Spżycie wieprzowiny na osobę w Polsce w 2013 r. wyniosło około 39 kg, podczas gdy w Hiszpanii kształtowało się na poziomie 66,1 kg, w Danii – 64,2 kg, w Niemczech – 53,3 kg, w Portugalii – 46,4 kg, we Francji – 37,9 kg, we Włoszech – 36,9 kg, w Irlandii – 36,1 kg, a w Szwecji – 34,7 kg (6). W ostatnich 50 latach spżycie mięsa miało tendencję wzrostową zarówno w krajach rozwiniętych, jak i rozwijających się. W krajach rozwiniętych kształtowało się ono następująco (w kg/osobę/rok): w latach 1964–1966 – 61,5; 1995 – 77,3; 2009 – 78,0; 2010 – 78,4. Natomiast ogólnoswiatowe spżycie mięsa w wyżej wymienionych latach wynosiło odpowiednio: 24,2; 35,7; 41,3; 41,9 (w kg/osobę/rok; 9).

Jak wspomniano wcześniej, największy wpływ na wzrost wartości prozdrowotnych mięsa wieprzowego ma żywienie zwierząt. Podstawowe składniki dawki pokarmowej wpływają na kompozycję kwasów tłuszczowych w mięsie. Świnie żywione jęczmieniem i soją miały najwyższą zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych – 23,92 g/100 g kwasów tłuszczowych, najwyższą zawartość kwasu dokozaheksaenowego – 0,75 g/100 g kwasów tłuszczowych, najkorzystniejszy stosunek niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych: nasyconych kwasów tłuszczowych – 0,70 i najniższą zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych – 34,02 g/100 g kwasów tłuszczowych. Dla diety standardowej wskaźniki te wynosiły: niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe – 19,79 g/100 g kwasów tłuszczowych, kwas dokozaheksaenowy – 0,39 g/100 g kwasów tłuszczowych, niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe: nasyconych kwasów

tłuszczowych – 0,54 (7), a poziom mononienasyconych kwasów tłuszczowych (monounsaturated fatty acid – MUFA) wahał się (w g/100 g kwasów tłuszczowych) od 39,50 dla diety standardowej do 56,52 dla diety z żołądziami.

Wśród dodatków do standardowych diet wymienia się oleje roślinne: lniany, rzepakowy, słonecznikowy, sojowy i palmowy. Właściwości olejów roślinnych zależą głównie od kompozycji kwasów tłuszczowych. Około 6% światowej produkcji olejów roślinnych jest przeznaczona na cele paszowe (10). Również wprowadzenie do podstawowego żywienia świń siemienia lnianego wpływa istotnie na wzrost wartości prozdrowotnej mięsa pozyskanego z tak żywionych zwierząt.

Badano wpływ wzrastających dawek ekstrudowanego siemienia lnianego w diecie świń na stężenie kwasów tłuszczowych z rodzin n-3 i n-6 oraz wpływ na cechy sensoryczne mięsa. Do doświadczenia użyto 96 zwierząt (48 loszek i 48 knurków) o początkowej masie 48 kg, podzielonych na 6 grup. Żywiono je przez 76 dni standardową paszą z dodatkiem siemienia lnianego w ilości 0, 5 i 10%. Twardość tłuszczu podskórnego, podobnie jak zawartość tłuszczu międzymięśniowego, malała wraz ze wzrostem poziomu siemienia lnianego w diecie. Całkowita zawartość kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 w tłuszczu międzymięśniowym loszek wyrażona w mg/100 g mięśnia przy niepodawaniu siemienia lnianego wynosiła 57,7; przy 5% – 119; przy 10% – 173, a knurków odpowiednio 59,6; 123,0; 240. Stosunek n-6 do n-3 w poszczególnych grupach żywieniowych wynosił u loszek: 4,53; 2,15; 1,47, a u knurków wyniki były prawie identyczne.

Pozyskana z loszek mielona wieprzowina o zawartości tłuszczu 20% zawierała (w mg/100 g mięsa mielonego) niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych n-3: przy 0% – 308, 5% – 1273, 10% – 2696. Natomiast w mięsie mielonym pozyskanym z mięsa knurków o tym samym procencie tłuszczu wartości te wynosiły odpowiednio: 261, 1331, 2800. Stosunek n-6 do n-3 kształtował się na poziomie 5,45; 1,46; 0,81, u knurków wartości były podobne. Wzrost zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych może wpływać na wartość sensoryczną mięsa. W związku z powyższym, należy poprawić stabilność oksydacyjną tłuszczów poprzez podanie witaminy E w dawkach znacznie wyższych od zapotrzebowania, jak również zmienić sposób pakowania i przygotowywania produktów z takiej wieprzowiny (11).

U prosiąt ssących badano wpływ diety suplementowanej siemieniem lnianym bądź siemieniem lnianym z mieszaniną

karbohidraz (pektynaza 500 j., celulaza 50 j., mannaza 400 j., ksylanaza 1200 j., glukonaza 450 j., galaktanaza 45 j.) na profil kwasów tłuszczowych, charakterystykę biochemiczną osocza oraz produkcję amin w jelicie cienkim. Dodatek siemienia lnianego w ilości 12% dawał wzrost niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 w próbkach tłuszczu pobranych z okolicy łędźwiowo-krzyżowej z 3,37 mg/g tkanki tłuszczowej w grupie kontrolnej do 6,88 mg/g w grupie doświadczalnej (p < 0,01). Natomiast obniżeniu uległa całkowita zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych n-6 z 40,3 mg/g tkanki tłuszczowej w grupie kontrolnej do 11,5 mg/g w grupie doświadczalnej (p < 0,01). Nieco inne wartości uzyskano przy równoczesnej suplementacji diety siemieniem lnianym mieszaniną karbohidraz. Dodatek do diety siemienia lnianego łącznie z enzymami lub bez wspomagał fermentację mleczanową, o czym świadczy podniesiony poziom mleczanów w żyłce wrotnej; obniżało się jednocześnie stężenie biogennych amin w jelicie ślepym prosiąt i pH kału. Stwierdzone zmiany wpływały też korzystnie na zdrowie prosiąt, zwłaszcza na spadek ich zachorowalności i śmiertelności spowodowanych kolibakteriozą (12).

Bardzo dobre efekty wzbogacania mięsa wieprzowego w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe uzyskał inny zespół badaczy, który zastosował suplementację diety podstawowej ekstrudowanym siemieniem lnianym w ilościach 0 (grupa kontrolna), 5 i 10%. Badania przeprowadzono na 96 zwierzętach (48 loszek i 48 knurków) o średniej masie początkowej 48 kg. Test trwał 76 dni, po czym zwierzęta poddano ubojowi. Zawartość kwasu α -linolenowego w stosunku do całkowitej zawartości estrów metylowych kwasów tłuszczowych (fatty acid methyl esters) w diecie świń, w 3 okresach żywieniowych, z których każdy trwał 4 tygodnie, wynosiła przeciętnie 4,9% oraz 24,4% i 38,0%. Stosunek n-6 do n-3 zmniejszył się w stosunku do grupy kontrolnej 6,8 i 12,4 razy przy 5% i 10% suplementacji.

Najwyższy wzrost odnotowano dla kwasu α -linolenowego, mniejsze wzrosty stwierdzono też dla kwasu eikozapentaenowego i kwasu dokozaheksaenowego. W niezbędnych nienasyconych kwasach tłuszczowych n-6 znaczący spadek dotyczył kwasu arachidonowego, przy czym najwyższy był on w grupie, która żywiona była z dodatkiem 10% siemienia lnianego. Poprawił się stosunek niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych do nasyconych kwasów tłuszczowych oraz n-6 do n-3 w obydwu grupach doświadczalnych, osiągając wartości powszechnie

uważane za optymalne. W konkluzji autorzy stwierdzają, że wieprzowina wzbogacona w n-3 poprzez suplementowanie podstawowej paszy sianem lnianym w ilości 5 i 10% pokrywa zapotrzebowanie człowieka na ten rodzaj kwasów tłuszczowych. Poziom jest tym wyższy, im więcej w badanym mięsie jest tłuszczu (13).

Określano też wpływ dodatków olejów roślinnych na utlenianie białek i tłuszczów mięsa wieprzowego oraz profil kwasów tłuszczowych. Do badań użyto 30 loszek o początkowej masie 35 kg, a doświadczenie trwało 90 dni. W badaniu zastosowano 5 różnych diet, dodając do 1 kg paszy podstawowej: dieta 1 – olej słonecznikowy – 30 g, diety 2, 3, 4, 5 – olej lniany 30 g, diety 3 i 4 dodatkowo wzbogacono oliwą z oliwek w ilości, odpowiednio – 5 g i 10 g, do diety 5 wprowadzono octan α -tokoferylu w ilości 0,4 g. Profil kwasów tłuszczowych oznaczano w mięśniu najdłuższym grzbietu. Odnotowano spadek niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych n-6 w próbkach pobranych od świń żywionych dietami 2–5 w porównaniu do diety 1. Stosunek n-6 do n-3 przy diecie 1 osiągał wartość 13,54, a przy dietach 2–5 wahał się od 2,03 do 2,18. Zawartość octanu α -tokoferylu wyrażona w $\mu\text{g/g}$ była najwyższa na diecie 5 – 2,82, a na dietach od 1 do 4 kształtowała się w granicach od 0,78 do 0,96. Stwierdzono, że dodatek oleju lnianego prowadzi do wzrostu zawartości kwasu α -linolenowego w wieprzowinie z 1,38% na diecie 1, do ponad 7% na pozostałych dietach (7,08% do 7,54%). Lipidy stają się jednak podatne na procesy utleniania, co wpływa niekorzystnie na cechy sensoryczne mięsa oraz przygotowanych z niego produktów. Diety 3–4 suplementowane dodatkowo olejem z oliwek w różnych ilościach albo diecie 5 – octanem α -tokoferylu, nie wpływały na profil kwasów tłuszczowych w mięsie. Diety 4 i 5 wpływały korzystnie na cechy sensoryczne produktów, które przygotowano z wieprzowiny pochodzącej z tych dwóch grup.

Hamowanie utleniania lipidów przez olej z oliwek jest prawdopodobnie wynikiem obecności związków posiadających aktywność antyoksydacyjną. Nie odnotowano wpływu żadnej ze stosowanych diet na utlenianie białek w czasie 9 dni przechowywania w chłodni (14).

Podjęmowane są też próby poprawy wartości dietetycznej mięsa i sporządzanych z niego pasztetów z udziałem wątroby (191,6 g mięsa i 330,0 g wątroby). Komercyjny produkt poddano reformulacji, polegającej na jego odtłuszczeniu, a tłuszcz zastąpiono emulsją wodną olejów o składzie: oliwa z oliwek – 44,39%, olej lniany – 37,87%, olej rybi – 17,74%.

Badanie przeprowadzono na 8 próbkach, dwie pierwsze stanowiły kontrolę, próbka 1 zawierała 30% tłuszczu, podobnie do komercyjnych produktów, natomiast próbka 2 zmniejszoną zawartość tłuszczu – 15%. Do 3 próbek, 3, 4 i 5, o zawartości 15% tłuszczu dodano wodną emulsję kwasów tłuszczowych z dodatkiem dziwidła (roślina tropikalna, której bulwy zawierają glukomannan, naturalny rozpuszczalny błonnik) w stężeniu: 0% (3), 7,5% (4) i 15% (5). W trzech ostatnich próbkach wyekstrahowany całkowicie tłuszcz zastąpiono wodną emulsją kwasów tłuszczowych z dodatkiem lub bez dziwidła w stężeniu: 0% (6), 7,5% (7), 15% (8). Zawartość białka we wszystkich próbkach była stała i wynosiła 12%. W porównaniu do dwóch próbek kontrolnych zmodyfikowany produkt zawierał mniej tłuszczu o 50%, a nasyconych kwasów tłuszczowych o 33%, jak również 4-krotnie wyższą zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych n-3, wahał się pomiędzy 1,75 a 3,36 g/100 g. Nastąpił też znaczący wzrost długołańcuchowych kwasów nienasyconych – do 356 i 723 mg/100 g. Dodana do produktu wodna emulsja olejowa nie powodowała zmian sensorycznych, mikrobiologicznych i technologicznych produktu. Otrzymane przez autorów wyniki są bardzo ważne z punktu widzenia dietetycznego (15).

Określano też całkowitą aktywność antyoksydacyjną wodnych wyciągów uzyskanych z owoców dębu (żołędzi) – polifenoli i kwasu galusowego – poprzez pomiar w próbkach tłuszczu z dodatkiem tych dwóch substancji w porównaniu do próbek z dodatkiem syntetycznego antyoksydantu – BHA (butylated hydroxyanisole). Stwierdzono na podstawie wartości liczby nadtlenkowej, że wodne ekstrakty z żołędzi wpływają stabilizująco na tłuszcz wieprzowy poprzez działanie antyoksydacyjne, które było proporcjonalne do stężenia polifenoli. Działanie to było jednak niższe w porównaniu z syntetycznym antyoksydantem (16).

Dodawanie nieufuskanego ryżu do diety w ilości 0%, 8%, 12% i 16% oraz oleju sojowego w ilości 0%, 2%, 3% i 4% jako źródła energii w dziennej dawce pokarmowej świń wpłynęło na zmianę profilu kwasów tłuszczowych. Badania przeprowadzono na 48 zwierzętach o masie początkowej 36 kg podzielonych na 4 grupy. Świnie poddano ubojowi po osiągnięciu masy 90 kg. Stężenie nasyconych kwasów tłuszczowych oraz jednonienasyconych kwasów tłuszczowych w słoninie obniżyło się istotnie po wprowadzeniu do dziennej dawki pokarmowej oleju sojowego, podobną tendencję obserwowano w mięśniu najdłuższym grzbietu.

Stosunek niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych: nasyconych kwasów tłuszczowych był wyższy, a stosunek n-6:n-3 niższy w grupach żywionych z dodatkiem oleju sojowego i ryżu w porównaniu do grupy kontrolnej. Nie obserwowano też niekorzystnego działania eksperymentalnej diety na dzienne przyrosty masy ciała, współczynnik wykorzystania paszy czy jakość technologiczną tuszy (17).

Żywiąc świnie dawką pokarmową o wysokiej zawartości kwasu oleinowego 1,4% od masy 30 kg do 60 kg (pasza grower) i 3,8% do 120 kg (pasza finisz), stwierdzono wzrost poziomu jednonienasyconych kwasów tłuszczowych o 6,9%, a całkowita zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych uległa obniżeniu o 9,3% ($p < 0,05$) w stosunku do grupy kontrolnej (18).

Badano też wpływ rodzaju tłuszczu wprowadzanego do diety podstawowej na szereg wskaźników, w tym również na całkowitą zawartość tłuszczu i profil kwasów tłuszczowych. Badania przeprowadzono na 7 grupach świń po 10 sztuk, w których średnia masa w dniu rozpoczęcia doświadczenia wynosiła 61,8 kg. Eksperyment trwał 50 dni, a średnia masa w dniu uboju wynosiła 99,8 kg. Do diety podstawowej dodawano: grupa 1 – 10% łożu, grupa 2 – 9,6% oleju słonecznikowego o wysokiej zawartości kwasu oleinowego, grupa 3 – 10% oleju słonecznikowego, grupa 4 – 9,7% oleju lnianego, grupa 5 – 9% mieszaniny tłuszczów (łój – 55%, olej słonecznikowy – 35%, olej lniany – 15%), grupa 6 – 9,6% mieszaniny olejów (olej lniany – 40%, olej sojowy – 60%), grupa 7 – kontrola żywiona była tylko paszą podstawową. Pasze zostały zbadane pod kątem zawartości tłuszczu. Najwyższą zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych (g/kg paszy) stwierdzono w grupie 1 – 57,2, a najniższą w grupie 4 – 12,6. Natomiast najwyższą zawartość kwasów tłuszczowych rodziny n-6 (g/kg paszy) stwierdzono w grupie 3 – 73,3, a n-3 w grupie 4 – 47,2 i grupie 6 – 48,3. Stosunek n-6 do n-3 najniższy był w grupie 6 (0,5) i w grupie 4 (0,6). Zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych wyrażone w g/kg paszy najwyższe były w grupie 3 – 74,5, grupie 4 – 73,4 i grupie 6 – 70,8. Stosunek niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych do nasyconych kwasów tłuszczowych najniższy był w grupie 1 – 0,3, a najwyższy w grupie 4 – 5,8. Profil kwasów tłuszczowych w diecie znalazł odbicie w tuszy. Oznaczano go w próbkach mięsa mielonego. Zawartość nasyconych kwasów tłuszczowych najwyższa była w grupie 7 – 40,6% i różniła się istotnie od pozostałych grup. Z kolei najwyższe

wartości dla niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych stwierdzono w grupach 3 i 4 i wynosiły one 30,8% i 31,1%. Natomiast stosunek niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych do nasyconych kwasów tłuszczowych najniższy był w grupie 7 – 0,20 i w grupie 1 – 0,38. Zawartość n-6 najwyższa była w grupie 3 – 30,0%, a najniższa w grupie 7 – 7,53%. Co się tyczy n-3 najwyższa była w grupie 4 – 16,6% i grupie 6 – 14,8%, a najniższa w grupie 7 – 0,73%. Z kolei stosunek n-6 do n-3 najniższy był w grupach 4 i 6 i wynosił odpowiednio 0,87 i 0,88, a najwyższy w grupie 3 – 26,6. Zaleca się, aby stosunek niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych: nasyconych kwasów tłuszczowych wynosił 0,4 lub wyżej, a n-6: n-3: 4 albo nawet mniej (19).

Badano też wpływ restrykcyjnego żywienia (zmniejszenie żywienia o 25% w porównaniu do żywienia na żądanie) w różnych okresach tuczu na jakość mięsa i profil kwasów tłuszczowych *musculus longissimus thoracis*. Doświadczenie przeprowadzono na 94 sztukach świń (48 loszek i 46 knurków). W czasie trwającego 84 dni eksperymentu (4 okresy, 21 dni każdy) zwierzęta o początkowej wadze 31 kg były żywione w różnych okresach obserwacji dietą restrykcyjną lub na żądanie i ubijane. W konkluzji autorzy stwierdzają, że technologiczne parametry mięsa były niezależne od poziomu żywienia. Po 84 dniach obserwacji zwierzęta z grup, które poddane były ograniczonemu żywieniu dwukrotnie albo raz podczas trzeciego okresu obserwacji odnotowano korzystne zmiany w profilu kwasów tłuszczowych, polegające na obniżeniu poziomu nasyconych kwasów tłuszczowych i wzroście niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych. Natomiast profil ten u sztuk, które były poddane zmianie żywieniowej po 63 dniach był podobny jak u zwierząt żywionych na żądanie przez cały okres. Ograniczone żywienie nie powodowało obniżenia stosunku n-6 do n-3, we wszystkich grupach przekraczał on 10 (20).

Badano też wpływ zawartości białka i tłuszczu wiennej dawce pokarmowej świń na wiele wskaźników, w tym zawartość tłuszczu międy mięśniowego i podskórnego oraz profil kwasów tłuszczowych. W doświadczeniu zastosowano dwie diety – dieta 1 zawierała 17% białka i 3,62% tłuszczu, a dieta 2 – 14,92% białka i 4,18% tłuszczu. Do doświadczenia użyto 40 knurków, zwierzęta podzielono na 4 grupy po 10 w każdej. W chwili uboju ich przeciętna masa wynosiła 105 kg. Zawartość tłuszczu międy mięśniowego określono w mięśniu najdłuższym grzbietu. Profil kwasów tłuszczowych w tłuszczu międy mięśniowym

i podskórnym wyrażony w procentach całkowitych kwasów tłuszczowych na diecie 1 i 2 wyglądał następująco: brak różnic między dietami w zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu międy mięśniowym (34,88 i 35,10%) i podskórnym (36,87 i 36,59%), zawartość jednonienasyconych kwasów tłuszczowych była istotnie wyższa na diecie 2, ale tylko w tłuszczu międy mięśniowym (48,63 i 51,65%, $p > 0,01$), natomiast niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu międy mięśniowym była wyższa na diecie 1 w porównaniu z 2 (14,18 i 11,46%, $p < 0,01$). Zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 w tłuszczu międy mięśniowym była wyższa na diecie 1 niż na 2 (12,88 i 10,51%, $p < 0,01$), podobnie zawartość kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 (1,27 i 0,94%, $p < 0,01$). Stosunek n-6 do n-3 był wyższy na diecie 2 (10,23 i 11,18%, $p < 0,05$). W badaniu składu kwasów tłuszczowych w tłuszczu podskórnym stwierdzono tylko dwie statystycznie istotne różnice: dla kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 odsetek na diecie 1 był wyższy niż na diecie 2 (1,55 i 1,35%, $p < 0,1$), stosunek n-6 do n-3 na diecie 1 wynosił 10,69, a na diecie 2 – 11,86, $p < 0,05$ (21).

Badano też wpływ różnych rodzajów tłuszczów dodanych do dawki pokarmowej świń na jakość mięsa, kompozycje kwasów tłuszczowych oraz cechy sensoryczne. Testowano 5 diet na 5 grupach zwierząt, które przed rozpoczęciem eksperymentu były żywione standardową dietą. Doświadczenie trwało 64 dni. Stosowano następujące rodzaje tłuszczu: dieta 1 – kontrolna; dieta 2 – tłuszcz zwierzęcy 1% (mieszanka łożu wołowego i smalcu); dieta 3 – tłuszcz zwierzęcy 3%; dieta 4 – olej słonecznikowy 1%; dieta 5 – mydło wapniowe przygotowane na bazie oleju palmowego 1%. Poziom nasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu międy mięśniowym wyrażony w mg/100 g *musculus longissimus thoracis et lumborum* był najwyższy u świń żywionych dietą 3 – 629,73, a najniższy na diecie 4 – 400,06. Podobnie zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych oraz niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych n-6 i niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych n-3 była najwyższa na diecie 3, ale różnice były statystycznie nieistotne (22).

Badania przeprowadzone w Australii wskazują, że możliwe jest dostarczenie długołańcuchowych kwasów nienasyconych, zwłaszcza kwasu dokozaheksanowego, poprzez regularne spożywanie produktów przygotowanych z wieprzowiny wzbogaconej w niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe n-3. Doświadczenie przeprowadzono na 33 zdrowych

ochotników (16 kobiet i 17 mężczyzn) podzielonych losowo na dwie grupy, z których jedna otrzymywała dietę z udziałem wieprzowiny funkcjonalnej w ilości 1 kg/tydzień, druga wieprzowinę konwencjonalną również w takiej samej ilości. Doświadczenie trwało 12 tygodni. Wieprzowinę funkcjonalną otrzymano, dodając do podstawowej diety świń (pasza finiszera) 15% preparatu o nazwie PorcOmega (fortyfikowana mączka z tuńczyka). Wieprzowina wzbogacona w n-3 dostarczała pacjentom 1,3 g długołańcuchowych kwasów nienasyconych n-3/tydzień. Próbkę krwi od pacjentów były pobierane co 4 tygodnie i określano poziom lipidów w surowicy, poziom tromboksanu oraz kompozycję kwasów tłuszczowych w erytrocytach. Po 12 tygodniach stwierdzono istotny wzrost poziomu kwasu eikozapentaenowego i kwasu dokozaheksanowego w erytrocytach, zmniejszenie poziomu triglicerydów oraz poziomu tromboksanu. Przeprowadzone badania wykazały, że możliwe jest dostarczenie długołańcuchowych kwasów nienasyconych n-3, szczególnie kwasu dokozaheksanowego poprzez regularną konsumpcję produktów przygotowanych z wieprzowiny wzbogaconej w n-3. Produkty takie mogą być alternatywą dla osób z niskim spożyciem ryb i w konsekwencji zagrożonych niedoborem niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych. W konkluzji autorzy stwierdzają, że wzrost długołańcuchowych kwasów nienasyconych n-3 będący rezultatem regularnej konsumpcji funkcjonalnej wieprzowiny może obniżyć czynniki ryzyka chorób układu sercowo-naczyniowego (3).

Reasumując, można stwierdzić, że w krajowych warunkach, stosując do podstawowego żywienia świń dodatek siemienia lnianego lub oleju lnianego, można uzyskać istotny wzrost zawartości kwasów tłuszczowych z rodziny n-3, co pozwalałoby zakwalifikować taką wieprzowinę do żywności funkcjonalnej.

Piśmiennictwo

1. Szostak W B.: Tłuszcze w żywieniu. *Materiały z konferencji: Żywność i żywienie w medycynie prewencyjnej – postępy 2014*. Warszawa 2014, 45–49.
2. Cybulska B., Klosiewicz-Latoszek L.: Prewencja chorób sercowo-naczyniowych. Wytyczne europejskie. *Materiały z konferencji: Żywność i żywienie w medycynie prewencyjnej – postępy 2014*. Warszawa 2014, 41–44.
3. Coates A.M., Sioutis S., Buckley J.D., Howe P.R.C.: Regular consumption of n-3 fatty acid-enriched pork modifies cardiovascular risk factors. *Br. J. Nutr.* 2009, **101**, 592–597.
4. Bhat Z.F., Bhat H.: Functional meat products: A review. *Int. J. Meat. Sci.* 2011, **1**, 1–14.
5. Vandendriessche F.: Meat products in the past, today and in the future. *Meat Sci.* 2008, **78**, 104–113.
6. *Aktualna wartość dietetyczna wieprzowiny i jej znaczenie w diecie i wpływ na zdrowie konsumentów*. Praca zbiorowa pod kierunkiem Blicharskiego T., Warszawa 2013, 152.

7. Reig M., Aristoy M.C., Toldra F.: Variability in the contents of pork meat nutrients and how it may affect food composition databases. *Food Chem.* 2013, **140**, 478–482.
8. Serpen A., Gokmen V., Fogliano V.: Total antioxidant capacities of raw and cooked meats. *Meat Sci.* 2012, **90**, 60–65.
9. Kralik G., Kusec G., Grcevic M., Durkin I., Kralik I.: Animal products as conventional and functional food – an overview. *Acta Agric. Slovenica. Supplement 3* 2012, 17–25.
10. Dyer J. M., Stymne S., Green A.G., Carlsson A.S.: High-value oils from plants. *Plant J.* 2008, **54**, 640–655.
11. Juarez M., Dugan M.E.R., Aldai N., Aalhus J.L., Patience J.F., Zijlstra R.T., Beaulieu A.D.: Increasing omega-3 levels through dietary co-extruded flaxseed supplementation negatively affects pork palatability. *Food Chem.* 2011, **126**, 1716–1723.
12. Kiarie E., Slominski B.A., Nyachoti C.M.: Tissue fatty acid profiles, plasma biochemical characteristics and cecal biogenic amines in piglets fed diets containing flaxseed and carbohydrase enzymes. *Livestock Sci.* 2009, **121**, 1–6.
13. Turner T.D., Mapiye C., Aalhus J. L., Beaulieu A.D., Patience J.F., Zijlstra R.T., Dugan M.E.R.: Flaxseed fed pork: n-3 fatty acid enrichment and contribution to dietary recommendations. *Meat Sci.* 2014, **96**, 541–547.
14. Botsoglou E., Govaris A., Ambrosiadis I., Fletouris D.: Lipid and protein oxidation of α -linolenic acid-enriched pork during refrigerated storage as influenced by diet supplementation with olive leaves (*Olea europea* L.) or α -tocopheryl acetate. *Meat Sci.* 2012, **92**, 525–532.
15. Delgado-Pando G., Cofrades S., Rodriguez-Salas L., Jimenez-Colmenero F.: A healthier oil combination and konjac gel as functional ingredients in low-fat pork liver pate. *Meat Sci.* 2011, **88**, 241–248.
16. Rakić S., Povrenović D., Tesević V., Simić M., Maletić R.: Oak acorn, polyphenols and antioxidant activity in functional food. *J. Food En.* 2006, **74**, 416–423.
17. Wang H.F., Ye J.A., Li C.Y., Liu J.X., Wu Y.M.: Effects of feeding whole crop rice combined with soybean oil on growth performance, carcass quality characteristics, and fatty acids profile of *Longissimus* muscle and adipose tissue of pigs. *Livestock Sci.* 2011, **136**, 64–71.
18. Mas G., Llvall M., Coll D., Roca R., Diaz I., Oliver M.A., Gispert M., Realini C.E.: Effect of an elevated monounsaturated fat diet on pork carcass and meat quality traits and tissue fatty acid composition from York-crossed barrows and gilts. *Meat Sci.* 2011, **89**, 419–425.
19. Realini C.E., Duran-Montge P., Lizardo R., Gispert M., Oliver M.A., Esteve-Garcia E.: Effect of source of dietary fat on pig performance, carcass characteristics and carcass fat content, distribution and fatty acid composition. *Meat Sci.* 2010, **85**, 606–612.
20. Więcek J., Rekiel A., Batorska M., Skomial J.: Effect of restricted feeding and realimentation periods on pork quality and fatty acid profile of *M. longissimus thoracis*. *Meat Sci.* 2011, **87**, 244–249.
21. Alonso V., del Mar Campo M., Provincial L., Roncales P., Beltran J.A.: Effect of protein level in commercial diets on pork meat quality. *Meat Sci.* 2010, **85**, 7–14.
22. Alonso V., Najes L.M., Provincial L., Guillen E., Gil M., Roncales P., Beltran J.A.: Influence of dietary fat on pork eating quality. *Meat Sci.* 2012, **92**, 366–373.